

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-56092

(13)公開日 平成9年(1997)2月26日

(51)Int.Cl. <sup>®</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 02 K 1/27	501	H 02 K 1/27	501 A	
1/28		1/28	501 G	A
3/28		3/28		J

審査請求 未請求 普求項の数 7 FD (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-225905

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区第一丁目11番18号

(22)出願日 平成7年(1995)8月10日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(71)出願人 000005234

富士重機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 山田・日吉

愛知県名古屋市中区第一丁目11番18号 大同特殊鋼株式会社内

(74)代理人 井理士 菊谷 公男 (外3名)

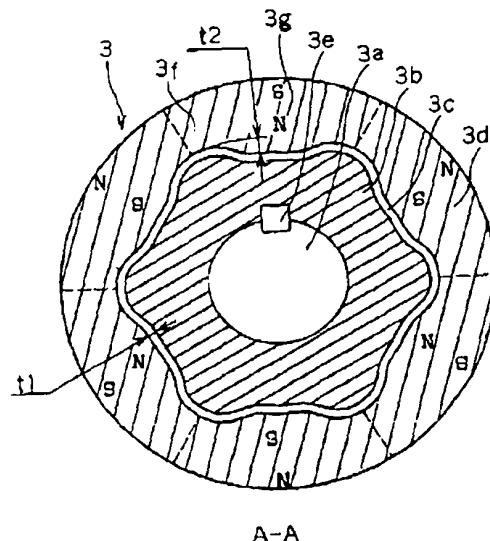
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石ロータ

(57)【要約】

【課題】 接着剤の固着力を向上させた永久磁石ロータとする。

【解決手段】 永久磁石3dを、外周を真円に、かつ円形の内周面に磁極ピッチに合わせて鋭角が発生しないよう円弧状に凹ませて加工し、形成される厚内部3gと薄内部3fの内部の肉厚差寸法t2は永久磁石3dの内周面とヨーク3i間に形成される隙間t1に対して大きくなるように設定されている。ヨーク3iの外周面は前記永久磁石3dの内周面形状に一定寸法t1の隙間を保って同一形状に加工される。永久磁石3dの内周面とヨーク3i間に形成される隙間t1には接着剤3cが充填されてそれらを固着する。ロータ3が回転する際、永久磁石3dがヨーク3iに対して回転しようとして隙間t1が変形し、接着剤3cがくさびとして機能し接着力に摩擦力が加わって永久磁石を支持する。これによりロータの出し得るトルクが向上し、接着剤が剥がれても駆動が続けられる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸に固定されたヨークの外周部に径方向にN、S極を有し、かつ円周方向に磁極を交互に着磁された永久磁石を配してなる永久磁石ロータにおいて、前記永久磁石の外周面を真円に、円周方向に磁石の厚みを変化させるとともに前記ヨークの外周形状を前記永久磁石の内周形状にそって一定の隙間を保つように形成し、前記隙間に接着剤を充填してなることを特徴とする永久磁石ロータ。

【請求項2】 前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成されたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石ロータ。

【請求項3】 前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差小法は前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に對して大きくなるように設定されたことを特徴とする請求項1または2記載の永久磁石ロータ。

【請求項4】 永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が、鋭角のないウェーブ形状とされたことを特徴とする請求項1、2または3記載の永久磁石ロータ。

【請求項5】 永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が、鋭角で形成される台形形状とされたことを特徴とする請求項1、2または3記載の永久磁石ロータ。

【請求項6】 前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填したことを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の永久磁石ロータ。

【請求項7】 前記台形形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断応力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されたことを特徴とする請求項1または6記載永久磁石ロータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、永久磁石ロータの構造に関し、とくに円筒状の永久磁石を用いたロータにおける永久磁石の固定連結に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の円筒状永久磁石を用いたロータとしては、例えば図10の断面図に示されるようなものがある、ヨーク100に回転軸101が貫通され、キー102によって固定されている。径方向にS極、N極を有し、かつ円周方向にS極、N極を交互に着磁された円筒状の永久磁石103がヨーク100の外周に配設され、その対向周面に接着剤104が充填されてそれらを固定している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の永久磁石ロータにあっては、永久磁石が円筒形状の

ため回転軸101へのトルク伝達は接着剤104の接着力およびせん断強度に頼って行なわれることになる。接着剤は機械強度が弱いえ、温度の上昇にしたがって接着力が低下する特性を有する。このためロータの発熱や急加減速時の慣性力などにより接着剤が剥がれ、永久磁石とヨークの間に相対運動が生じ、永久磁石の位置情報を必要とする回転制御ができなくなるうえ、回転軸に出力トルクが伝えられなくなる恐れがあるという問題点があつた。

【0004】 方、同じ円筒状で円周方向に分割された永久磁石の固定としては、例えば図11に示されるように、円周方向に6つに分割されたセグメント永久磁石203の内周側に外周にいくにしたがって幅広となるテーパ状溝204を設け、その溝にヨーク206に設けられた同形状の突起205を軸方向から噛み合わせることによりセグメント磁石203をヨーク206に固定するようになっている。(特願平2-119545号公報参照)

【0005】しかし、ここでは永久磁石は6つのセグメント磁石となっており、磁石にかける遠心力をセグメント磁石203の2箇所のアゴ部207で受ける構造になっているため、鋭角となる角部に応力集中が発生し、アゴ部にせん断力が作用することになる。これに耐えるためには永久磁石厚みt3に対するアゴ部厚みt4を十分厚くとする必要がある。この結果、磁極部位の磁束強度は大きく歪んでしまう。

【0006】図12は永久磁石を直線に展開したときの磁束分布を示す図である。図によれば、各磁極部にその厚さの減少により磁束強度が減少し、磁石表面の磁束分布はサイン波形を描かず磁極位置で沈んだ波形となる。これにより出力トルクが低下するとともに回転時にトルク変動などの不具合が発生するという問題点があつた。この発明は、上記のような問題点に鑑み、永久磁石を接着剤で固定し、かつ接着剤が剥離されても駆動が続けられる永久磁石ロータを提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、回転軸に固定されたヨークの外周部に同じく円筒状の径方向にN、S極を有し、円周方向に磁極を交互に着磁された永久磁石を配してなる永久磁石ロータにおいて、前記永久磁石の外周面を真円に、円周方向に磁石厚みを変化させるとともに前記ヨークの外周形状を磁石内周形状にそって一定の隙間を保つように形成し、前記隙間に接着剤を充填してなるものとした。

【0008】前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成されることができる。前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差小法が、前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に對して大きくなるように設定されることができる。永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部

10

20

30

40

50

3

形状が、鋭角のないウェーブ形状で構成されることができる。永久磁石の厚内部と薄内部の切り替わり部形状が、鋭角で形成される台形形状で構成されることができる。

【0009】前記永久磁石の厚内部と薄内部の切り替わり部のみに接着剤を充填することができる。前記台形形状部の傾斜角を、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定することができる。

【0010】

【作用】本発明によれば、永久磁石に駆動トルクが作用する場合、永久磁石がヨークに対して回転しようとして隙間が変形し、接着剤がくさびとして機能し接着力に摩擦力が加わって永久磁石を支持する。これにより永久磁石ロータの出し得るトルクが向上し、接着剤が剥がれても駆動が続けられる。

【0011】そして、前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、他部が薄肉であるように構成するときには、永久磁石に発生する磁束が周面にサイン波形を描き、円滑な駆動ができる。また、前記永久磁石の厚内部と薄内部の肉厚差寸法が前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間にに対して大きくなるように設定されると永久磁石の厚内部がヨークの薄内部に入り噛み合うような状態になり、接着剤のせん断破壊が防がれ、より高いトルクを伝達することができる。

【0012】さらに、永久磁石の厚内部と薄内部の切り替わり部形状が鋭角のないウェーブ形状で形成されるときには、永久磁石およびヨークに応力集中が防がれる。なお、永久磁石の厚内部と薄内部の切り替わり部形状が鋭角で形成される台形形状で形成されるときには、永久磁石内の応力分布が簡単に求められ、設計が容易になる。

【0013】なおまた、前記永久磁石の厚内部と薄内部の切り替わり部のみに接着剤を充填すると、温度変化により磁石内周とヨーク外周の隙間が変化しても、磁石の変形を小さく抑えられることができ、熱膨脹による破損が防止される。さらにまた、前記台形形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されると、永久磁石が破壊されずにトルクを発生することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下図面に基づいて発明の実施の形態を実施例により説明する。図1は、本発明の第1の実施例を示す。ステータ1は電磁鋼板を軸方向に積層し

4

固着したステータコア1aと、ステータコア1aの軸方向に形成される複数のスロット内に導線を巻き付けてなる電気コイル1bで構成されている。

【0015】ロータ3は、回転軸3aと、それに挿入されキー3cによって固定されるヨーク3dと、ヨーク3dの外周に接着剤3eで固着された永久磁石3fで構成されている。回転軸3aは軸受け4a、4bを介してケース2およびカバー5により回転可能に支持される。回転軸3aにはエンコーダ6が取り付けられている。

【0016】電気コイル1bは、図2に示すように36個のスロットに電気角120度で巻装され、スター結線で結ばれたり、V、Wの3相の励磁コイルからなり、それらに3相交流を通電することによってステータコア1aに6極の回転磁界を形成するように3相6極の励磁コイルとして構成されている。

【0017】図3は図1におけるロータおよび軸受けを取り出して示す図である。図4は図3におけるロータのA-A断面を示す図である。図1において、永久磁石3fは外周を真円に、かつ基本形状が円形の内周面を磁極ピッチに合わせて鋭角が発生しないように円弧状に凹ませて加工してある。さらに薄内部3gが極間、厚内部3hの中心が磁極中心となるように位置を合わせて着磁されている。永久磁石3fの厚内部3gと薄内部3hの内部の肉厚差寸法t2は永久磁石3fの内周面とヨーク3d間に形成される隙間t1に対して大きくなるように設定されている。

【0018】ヨーク3dの外周面は前記永久磁石3fの内周面形状に一定寸法t1の隙間を保って同一形状に加工されている。永久磁石3fの内周面とヨーク3d間に形成される隙間t1には接着剤3eが充填されてそれらを固着する。接着剤は延びの大きい、つまり変形追従性のよいシリコン系接着剤が用いられている。

【0019】次に作用を説明する。電気コイル1bに3相交流電力を供給すると、ステータコア1a部に回転磁界が発生し、ロータ3の永久磁石との間に吸引しない反発力が働いてロータ3が回される。エンコーダ6はロータ3の回転数、角速度、位相差等の情報を図示していないコントローラへ出力することによって電気コイル1bに適切な給電が行なわれ、ロータ3の回転数、回転トルクの制御が行なわれる。

【0020】永久磁石3fとヨーク3dの間に伝える回転トルクは永久磁石内周面とヨーク間に形成される隙間t1に充填された接着剤3eの接着力により伝達されるとともに、永久磁石3fがヨーク3dに対して回転しようとして隙間が変形し厚内部と薄内部間の切り替わり部に充填された接着剤がくさびとして機能し永久磁石3fをヨーク3dに支持する。そしてこの動きは接着剤の接着力が完全に失われても統くため、温度の上昇や接着の不良などにより接着面が剥離された場合でも、永久磁石がヨークに対し相対運動を起こさず回転が維持される。

【0021】図5は永久磁石3dを直線に展開したときの永久磁石上の磁束分布を示す図である。図によれば、永久磁石の径方向の厚さが磁極を形成する周方向の中央部分で大きくなっているので、磁束はサイン波形を描くように円周に分布している。本実施例は以上のように構成され、接着剤がその接着力で働くのみでなく、くさびとしての機能を持つため、接着力の弱い接着剤でも大回転トルクを伝達することができる。かつ永久磁石は円周方向に磁束の分布がサイン波形を形成しているので、ロータが滑らかな回転を行なうことができる。さらに肉厚差の寸法は隙間より大きくなっているから、永久磁石とヨークが噛み合う状態にあり接着剤がせん断されることはなくトルク伝達が行なえる。ちなみに、円筒磁石の内周面に凹凸を設ける方法として、一般的な機械加工のほかにホットプレスによる成型加工を用いると製造コストが安くなる。

【0022】図6は、本発明の第2の実施例としてヨークと永久磁石の変形例を示す。この実施例は、基本的に図4に示した第1の実施例と同様な構成で、ロータ3'は永久磁石3d'の薄内部3f'およびヨーク3b'の対応部位の形状が鋭角でできた台形で形成される点が異なる。図7は図6における薄内部3f'の台形形状部を取り出して拡大した図である。台形形状はその傾斜面法線と半径のなす角度θが、ロータ3'が最高回転時に永久磁石3d'内に作用する遠心力に傾斜面により駆動力F1から発生する半径方向分力F3を加味した応力が円筒磁石の許容応力を上回らないように設定される。これにより、第1の実施例と同様の効果が得られるほかに、駆動トルク伝達時における円筒磁石の強度保証が行なえる。

【0023】図8は、本発明の第3の実施例として、熱による永久磁石の破壊防止対策を施した接着剤の配置の変形例を示す。この実施例では、接着剤3c"を厚内部と薄内部の切り替わり部(傾斜面)のみに限定して配置してある。このほかは第2の実施例と同様である。ロータ3"の温度が変化すると、永久磁石3d"とヨーク3b"の熱膨張差により、隙間L1がそれにしたがって変化する。切り替わり部(傾斜面)の隙間L1も同じく熱膨脹により変化するが、テーパ状のため斜めにずれる形になり、半径方向に比べて寸法変化が少ない。したがって接着剤3c"は圧縮変形が少なく、せん断方向の変形となるので、比較的の体積変化を伴なわず、変形しやすくなる。図9には熱変化時の隙間L1および接着剤3c"の変化様子を示している。(a)は常温時、(b)は高温時、(c)は低温時の様子である。これにより、上記第1および第2の実施例と同様な効果を有するほか、熱対策を施したので、広範囲な温度環境で永久磁石の破損を防ぐことが可能となる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ

ば、永久磁石に駆動トルクが作用する場合、永久磁石がヨークに対して回転しようとして隙間が変形し、接着剤がくさびとして機能し接着力に摩擦力が加わって永久磁石を支持するから、永久磁石ロータの出し得るトルクが向上し、接着剤が剥がれても駆動が続けられる効果が得られる。

【0025】そして、前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成すると、永久磁石に発生する磁束が円周面にサイン波形を描き、円滑な駆動ができる。また、前記永久磁石の厚肉部と薄内部の肉厚差寸法が前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に對して大きくなるように設定されると、永久磁石の厚肉部がヨークの薄肉部に入り噛み合うような状態になり、接着剤のせん断破壊が防がれ、より高いトルクを伝達することができる。

【0026】さらに、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鋭角のないウェーブ形状で形成されると、永久磁石およびヨークに応力集中が防がれる。ロータが頑丈なものとなる。なお、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鋭角で形成される台形形状で形成されると、永久磁石内の応力分布が簡単に求められ、設計が容易になる。

【0027】なおまた、前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填すると、温度変化により磁石内周とヨーク外周間の隙間が変化しても、磁石の変形を小さく抑えることができ、熱膨脹による破損を防止される。奇形な使用に耐えられる効果が得られるさらにまた、前記台形形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されると、永久磁石が破壊されずにトルクを発生することができ、安定した運転効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す図である。

【図2】電気コイルの巻き工程を示す図である。

【図3】ロータおよび軸受を取り出して示す図である。

【図4】ロータの断面図である。

【図5】永久磁石の磁束分布を示す図である。

【図6】第2の実施例を示す図である。

【図7】台形形状と力分布の説明図である。

【図8】第3の実施例を示す図である。

【図9】温度による隙間の変化および接着剤形状の変化を示す図である。

【図10】従来例を示す図である。

【図11】ほかの従来例を示す図である。

【図12】永久磁石の磁束分布を示す図である。

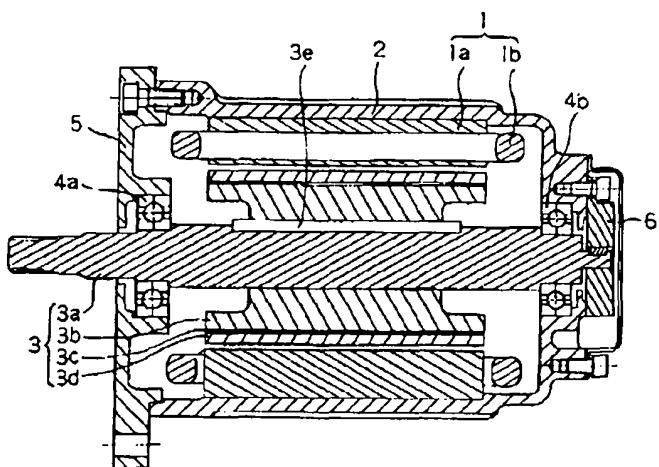
【符号の説明】

7

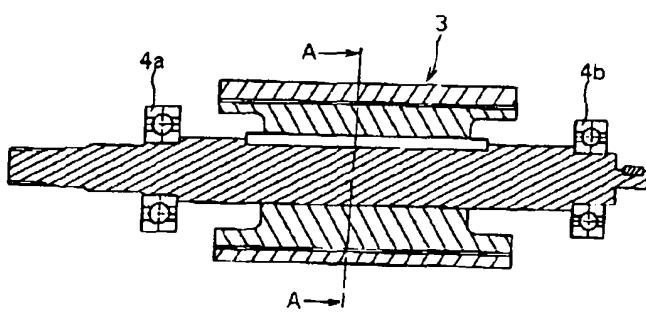
8

1	ステータ	4 a, 4 b	軸受け
1 a	ステータコア	5	カバー
1 b	電気コイル	103	円筒状永久磁石
2	ケース	203	セグメント永久磁石
3, 3', 3''	ロータ	204	テーパ状溝
3 a, 101	回転軸	205	突起
3 b, 3 b', 3 b'', 206	ヨーク	207	アゴ部
3 c, 3 c', 3 c'', 104	接着剤	t 1	隙間
3 d, 3 d', 3 d''	永久磁石	t 2	肉厚差
3 e, 102	キー	10 t 3	永久磁石厚み
3 f, 3 f'	薄肉部	t 4	アゴ部厚み
3 g	厚内部		

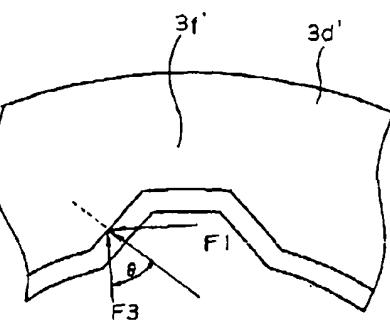
【図1】



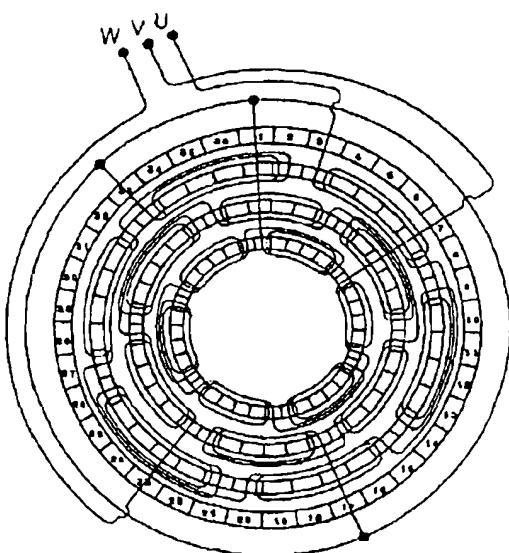
【図3】



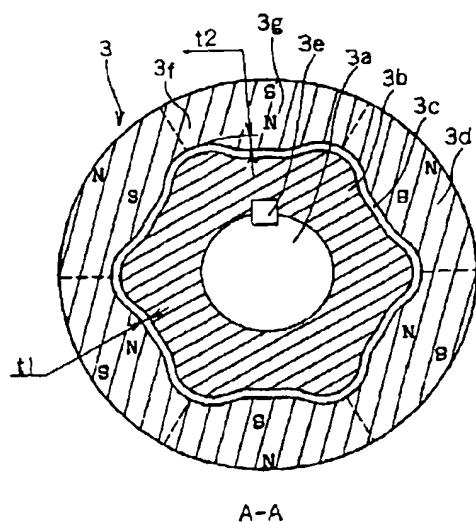
【図7】



【図2】

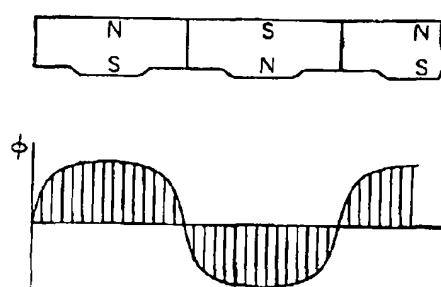


【図4】

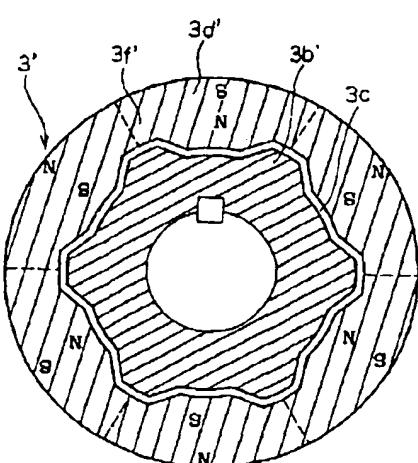


A-A

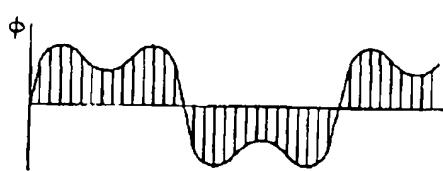
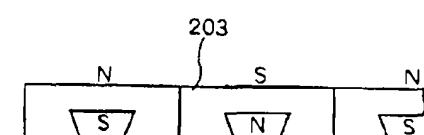
【図5】



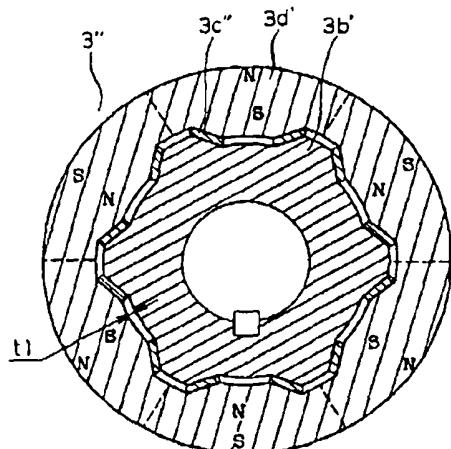
【図6】



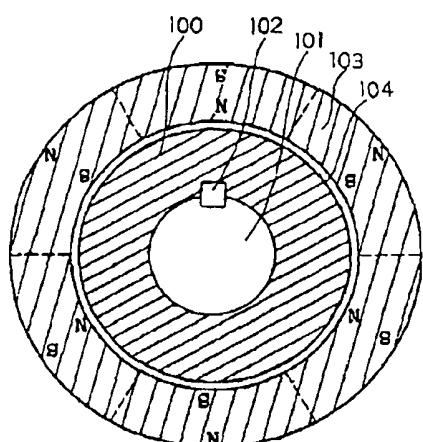
【図12】



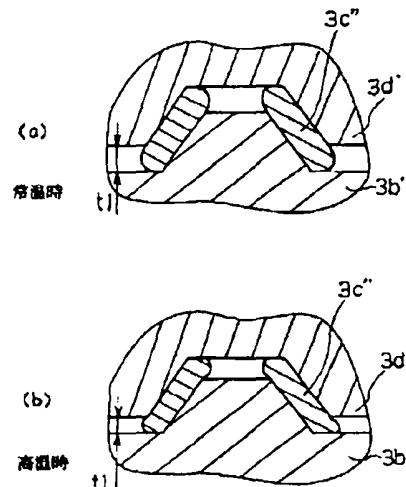
【図8】



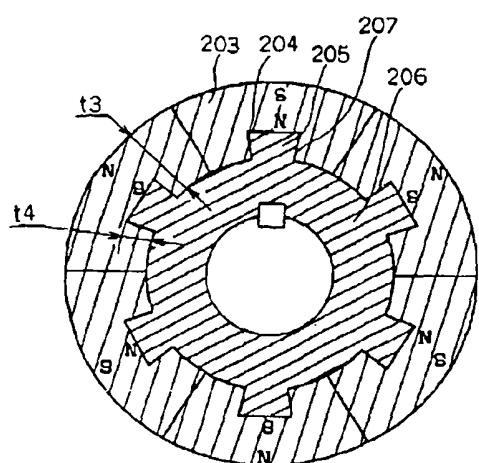
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 平野 弘之  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内  
(72)発明者 木下 繁則  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内

(72)発明者 遠藤 研二  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内  
(72)発明者 常盤 信行  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内

PAT-NO: JP409056092A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09056092 A  
TITLE: PERMANENT-MAGNET ROTOR  
PUBN-DATE: February 25, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
YAMADA, HIYOSHI  
HIRANO, HIROYUKI  
KINOSHITA, SHIGENORI  
ENDO, KENJI  
TOKIWA, NOBUYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DAIDO STEEL CO LTD	N/A
NISSAN MOTOR CO LTD	N/A
FUJI ELECTRIC CO LTD	N/A

APPL-NO: JP07225905

APPL-DATE: August 10, 1995

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/28, H02K003/28

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotor using adhesive which is improved in adhesive force.

SOLUTION: Permanent magnets 3d are worked so that the outer peripheral surfaces of the magnets 3d can form complete roundness and the circular inner peripheral surfaces of the magnets 3d can be recessed in a circular arcuate shape in accordance with the arranging pitch of magnetic

.....

N/A

APPL-NO: JP07225905

APPL-DATE: August 10, 1995

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/28, H02K003/28

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotor using adhesive which is improved in adhesive force.

SOLUTION: Permanent magnets 3d are worked so that the outer peripheral surfaces of the magnets 3d can form complete roundness and the circular inner peripheral surfaces of the magnets 3d can be recessed in a circular arcuate shape in accordance with the arranging pitch of magnetic poles so that no acute angle can be formed, and then, the thickness difference  $t_2$  between the thick wall section 3g and thin wall section 3f can become larger than the clearance  $t_1$  formed between the inner peripheral surface of the magnets 3d and a yoke 3b. The outer peripheral surface of the yoke 3b is machined into the same shape as that of the inner peripheries of the magnets 3d so that the clearance  $t_1$  can be maintained between the magnets 3d and yoke 3b. The clearance  $t_1$  is filled up with adhesive 3c to stick the magnets 3d to the yoke 3b. When a rotor 3 is rotated, the magnets 3d start to rotate against the yoke 3b and the clearance  $t_1$  is deformed. As a result, the adhesive 3c functions as a wedge and firmly supports the magnets 3d, because a frictional force is added to the adhesive force of the adhesive 3c. Therefore, the torque which can be outputted from the rotor is improved and, even when the adhesive 3c is